

## PENGARUH RASIO DIAMETER PIPA TERHADAP PERUBAHAN TEKANAN PADA BERNOULLI THEOREM APPARATUS

**Ahmad Aufa, Gatut Rubiono, Haris Mujianto**

Universitas PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol 22 Banyuwangi

Email: rubionov@yahoo.com

### ABSTRACT

*Bernoulli theorem can applied to many devices such as ventury tube in aoutomotive carburetor, venturimeter, pitot tube, chimney and aeroplane wings. This research is aimed to get the effect of diameter ratio due to pressure different in Bernoulli theorem apparatus. The research is conduct by experiment using fluid flow circuit. Diameter ratio is varied as 0,67; 0,50 and 0,33. Fluid flow rate is varied by valve opening arrangement as 45°, 60°, 90°. Measurements are done at 7 measurement point by U type manometer. Volume flow rate is measured by flowmeter and stopwatch. The research shows that diameter ratio has effect due to pressure changes. the increase of diameter ratio tend to increase the pressure. Maximum pressure is happen at 0,67 diameter ratio; 0,0192 lt/s volume flow rate at first measurement point. Minimum pressure is happen at 0,33 diameter ratio; 0,0247 lt/s volume flow rate at fifth measurement point.*

*Keywords: Bernoulli, diameter ratio, pressure, fluid flow*

### I. PENDAHULUAN

Mekanika fluida sejak 200 tahun sebelum masehi sudah mulai dipelajari oleh seorang bernama Archimedes, ia lahir di kota Sirakusa di Pulau Sisilia, sebelah selatan Italia, pada tahun 287 SM. Archimedes adalah ilmuwan terbesar sebelum Newton. Ia menetapkan sebuah hukum yang berbunyi "Benda di dalam zat cair, baik sebagian ataupun seluruhnya akan mengalami gaya ke atas sebesar berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut". Lalu Leonardo Davinci (1452-1519), salah satu hasil temuannya adalah pakaian selam. Ia juga menjabarkan persamaan kekekalan massa dalam aliran tunak satu dimensi. Ia juga menghasilkan sebuah karya tulis yang berjudul "*On The Flow Of Water and River Structures*".

Evangelista Torricelli mengenalkan hukum tentang aliran bebas zat cair melewati lubang (celah). Galileo Galilei (1564-1642) melakukan berbagai eksperimen hidrolika dan melakukan banyak revisi dari Archimedes. Blaise Pascal (1623-1662) penemuannya meliputi tekanan air (*Press Hydraulic*), dia menjelaskan dengan rinci aturan dasar, bahwa derajat variasi cairan bisa didukung oleh tekanan udara. Pascal juga menetapkan sebuah hukum hidrostatik, "bahwa benda cair menyalurkan daya tekan secara sama rata ke semua arah".

Tetapi hukum-hukum tersebut statusnya masih mengambang. Karena belum ada ilmu yang betul-betul mendalam tentang sifat fluida. Dasar teori mekanika fluida dan hidrolika kemudian menjadi baku

setelah Daniel Bernoulli dan Leonhard Euler memperkenalkan ilmunya. Dari banyak teori tersebut salah satu teori yang menjadi dasar ilmu mekanika fluida adalah teori Bernoulli. Teori ini menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Prinsip ini merupakan penyederhanaan dari Persamaan Bernoulli yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Teori Bernoulli ini dapat diaplikasikan dalam berbagai peralatan, contohnya tabung venturi pada karburator mobil, venturimeter, tabung pitot, penyemprot parfum, cerobong asap dan sayap pada pesawat terbang.

Pada materi perkuliahan di fakultas teknik, terdapat materi kuliah mekanika fluida. Di dunia industri, dalam pendistribusian fluida cair dalam proses produksi banyak menggunakan pipa. Misalnya perusahaan minyak dan perusahaan air minum. Dalam proses itu pipa-pipa yang digunakan pasti dalam berbagai ukuran diameter. Dalam ilmu hidrodinamika, hubungan-hubungan antara debit, luas penampang, kecepatan aliran fluida berlaku hukum aliran, yaitu persamaan Bernoulli dan untuk menjelaskan gejala yang berhubungan dengan gerakan zat alir melalui suatu penampang pipa, dapat digunakan hukum Bernoulli.

Maka dari itu mempelajari hukum Bernoulli menjadi sangat penting untuk perkembangan ilmu mekanika fluida dan

perkembangan teknologi dibidang mekanika fluida. Untuk pengembangan teknologi dalam bidang mekanika fluida, khususnya pada prinsip hidrodinamika maka sangat perlu untuk mempelajari dan memahami teori dasar dari hidrodinamika. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh rasio diameter pipa terhadap perubahan tekanan pada *Bernoulli theorem apparatus*.

Satrya Wijaya Ompusunggu, 2012 meneliti pengaruh variasi panjang *nozzle* terhadap efisiensi *jet pump*. Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik *jet pump* dengan melakukan variasi terhadap panjang *nozzle*. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa panjang *nozzle* berpengaruh terhadap efisiensi *jet pump*. Semakin besar debit pada aliran primer maka efisiensi jet pump akan meningkat.

Muhammad Haikal, 2012 meneliti kerugian jatuh tekan (*pressure drop*) pipa mulus acrylic Ø 10mm. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kerugian jatuh tekan yang terjadi pada aliran fluida di dalam pipa acrylic Ø 10mm, Bilangan Reynolds dan koefisien gesek. Aliran fluida memiliki karakteristik pokok (laminer atau turbulen). Nilai bilangan Reynolds 2000-4000 menunjukkan aliran laminer dan diatas nilai 4000 menunjukkan turbulen. Nilai bilangan Reynolds yang tinggi berarti ada kecepatan aliran yang tinggi, perluasan fluida dan viskositas yang kecil. Gesekan antara fluida dan dinding pipa dapat diabaikan karena yang digunakan adalah pipa mulus dan koefisien gesek adalah antara partikel fluida yang diam dan yang bergerak. Dari hasil penelitian fluida air murni dapat disimpulkan bahwa friksi percobaan (Darcy dan weisbach) berada diatas garis friksi teoritis (laminar atau turbulen/blasius). Pada kondisi aliran turbulen pada  $Re \pm 10$  beberapa titik friksi percobaan ( $f_{2-3}$ ) berada berhimpit dengan garis friksi teoritisnya (garis  $f$  Blasius).

Abdul Mahsud, 2009 meneliti mekanisme bunyi jet supersonik dan ketidakstabilan pancaran nosel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa:

1. Bentuk struktur pancaran nosel aliran air yang dihasilkan melalui instalasi meja analogi hidrolik secara visual sama dengan hasil penelitian aliran gas. Pada kondisi operasi nosel yang sama, struktur aliran dan sel kejut nampak lebih awal terjadi pada nosel N1 dibanding nosel N2 dan N3 sehingga panjang sel kejut dan tingkat kekuatan bunyi yang dihasilkan akan berbeda pula.

2. Mekanisme bunyi teriakan jet yang ditemukan pada meja analogi merupakan pusaran (*loop*) murni gelombang akustik yang menjalar ke hilir di dalam lapisan batas sekitar pancaran jet dan gelombang yang menjalar ke hulu di bagian luar pancaran jet.
3. Pengoperasian nosel pada kondisi dimana *screech tone* dominan, maka aliran pancaran nosel secara visual menunjukkan fenomena gerakan osilasi secara lateral. Pancaran nosel memperlihatkan bentuk struktur yang tidak stabil (berosilasi) pada kondisi operasi rasio tekanan  $R_p \geq 3,4$ .

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Daniel Bernoulli lahir pada 8 Februari tahun 1700 M di Groningen, Belanda. Ia berasal dari keluarga ahli matematika. Pada umur 13 tahun Daniel mempelajari ilmu logika dan filosofi di Universitas Basel. Dia memperoleh sarjana muda dalam ujian pada 1715 dan pergi untuk mendapatkan gelar masternya pada 1716.

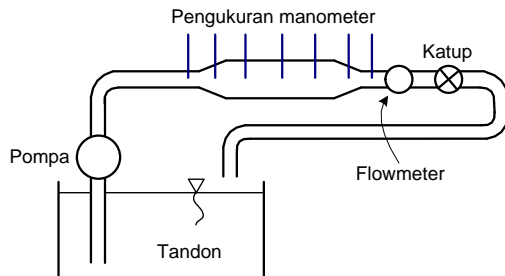
Pada usianya yang ke 25 tahun, ia menjadi profesor matematika St.Peterburg. Mengalami kekalutan dalam kehidupan, maka delapan tahun kemudian dia pulang ke Basel, dimana disini dia menjadi profesor di bidang anatomi, botani dan akhirnya fisika. Karya matematika Daniel mencakup kalkulus, persamaan diferensial, teori probabilitas, teori tentang getaran dawai, meneliti teori kinetik gas dan menyelesaikan problem-problem dalam matematika terapan. Tetapi penemuannya yang amat terkenal justru mengenai tekanan zat cair yang mengalir, yang kita kenal sebagai "Hukum Bernoulli". Sebagai penutup, Daniel Bernoulli adalah penemu disiplin ilmu fisika matematika.

Sampai dengan tiga tahun kemudian Daniel Bernoulli berusaha lebih menyempurnakan teorinya dan pada akhirnya menerbitkan sebuah buku berjudul "*Hydrodynamica, by Daniel Bernoulli, Son of Johann*". Dalam judul buku tersebut Daniel Bernoulli menyebut dirinya sebagai anak Johann Bernoulli, karya tersebut diterbitkan pada tahun 1738. Setahun kemudian ayahnya menerbitkan juga sebuah buku dengan judul *Hydraulic*. Pada akhirnya dia mendedikasikan dirinya untuk melayani masyarakat dan menjadi dokter umum. Daniel Bernoulli meninggal dunia pada tahun 1782 di usia ke-82 di Basel, Switzerland. (Mawaddah N A et al, 2013).

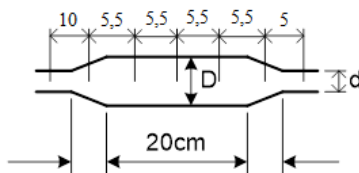
### III. METODOLOGI PENELITIAN

1. Variabel bebas :
  - a. Rasio diameter ( $d/D$ ): 0,67; 0,50; 0,33.
  - b. Buka an katup :  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$
2. Variabel terikat : Volume air yang keluar, waktu yang dibutuhkan, dan tekanan di 7 titik.

Fluida yang digunakan adalah air.



Gambar 1. Skema Alat *Bernoulli Apparatus*.



Gambar 2. Posisi Letak Lubang Tekanan

Tabel 1. Variasi Diameter

d (inchi)	D (inchi)	Rasio d/D
0.50	0.75	0.67
0.50	1.00	0.50
0.50	1.50	0.33

Alat-alat yang digunakan adalah:

1. Pompa air (Model: DB-125B).
2. Pipa PVC diameter 0,5; 0,75; 1 dan 1,5 Inchi.
3. Manometer jenis U (selang kecil).
4. *Flowmeter*.
5. Katup.
6. Tandon.

### IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Data Debit

Buka an katup	Volume ( $m^3$ )	Waktu (s)
$45^\circ$	0,0011543	60
	0,0011457	60
	0,0011647	60
$60^\circ$	0,0013167	60
	0,0013703	60
	0,0013793	60
$90^\circ$	0,0014843	60
	0,0014810	60
	0,0014895	60

Tabel 3. Data Beda Tinggi Manometer

Debit ( $m^3/dt$ )	d/D	Beda Tinggi Manometer (cm)						
		1	2	3	4	5	6	7
0,0000192	0,33	19,23	12,70	14,87	15,33	11,43	18,60	18,47
	0,5	18,10	13,80	15,17	15,33	12,77	16,13	18,10
	0,67	21,60	17,03	17,60	18,50	9,83	17,77	21,33
0,0000226	0,33	14,93	10,00	11,63	11,63	8,93	14,10	14,07
	0,5	16,43	12,03	13,17	13,73	10,93	13,73	15,57
	0,67	16,60	14,53	13,80	14,47	8,57	13,93	16,77
0,0000247	0,33	12,33	8,17	9,50	9,57	7,43	11,70	11,30
	0,5	14,13	10,37	11,10	11,77	9,17	11,50	13,13
	0,67	13,27	10,80	10,57	10,93	8,43	10,43	13,03

#### 4.2. Pengolahan Data

Debit dihitung menggunakan rumus :

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{waktu}}$$

Contoh untuk bukaan katup  $45^\circ$  pengambilan data 1 sebagai berikut :

$$\text{Volume} = 0,0011543 m^3$$

$$\text{Waktu} = 60 \text{ detik}$$

Sehingga debit :

$$Q = \frac{0,0011543 m^3}{60 \text{ detik}} = 0,000019 m^3$$

Tekanan dihitung menggunakan rumus:

$$Ph = \rho \times g \times h$$

Dimana :

$p_h$  : tekanan hidrostatik (N/m<sup>2</sup>)

$h$  : tinggi zat cair (m)

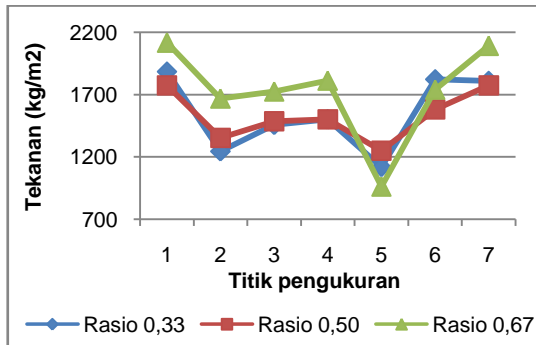
$\rho$  : massa jenis zat cair (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

Contoh: d/D 0,33 tinggi manometer,  $h = 0,1923$

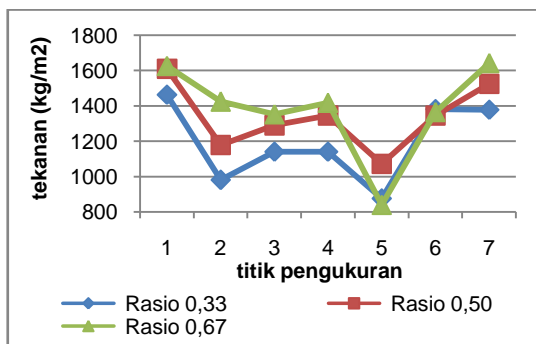
Sehingga :

$$P_h = 1000 \times 9,8 \times 0,1923 \\ = 1884,54 \text{ N/m}^2$$

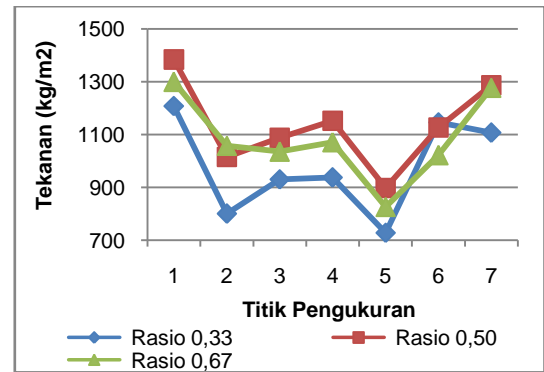


Gambar 3. Grafik tekanan (debit 0,0000192 m<sup>3</sup>/s)

Gambar 3. menunjukkan bahwa tekanan pada titik 1 cenderung besar dan selanjutnya menurun pada titik 2. Titik 2 sampai titik 4 relatif sama. Titik 4 ke titik 5 cenderung turun dan naik ke titik 6 dan 7. Grafik juga menunjukkan bahwa semakin besar rasio diameter maka tekanan juga semakin besar. Tekanan maksimum terjadi pada titik pengukuran 1 pada rasio 0,67. Tekanan minimum terjadi pada titik pengukuran 5 pada rasio 0,33.



Gambar 4. Grafik tekanan (debit 0,0000226 m<sup>3</sup>/s)



Gambar 5. Grafik tekanan (debit 0,0000247 m<sup>3</sup>/s)

Grafik pada gambar 3 sampai 5 menunjukkan bahwa tekanan pada titik 1 cenderung besar dan selanjutnya menurun pada titik 2. Hal ini disebabkan karena titik 1 adalah titik awal, arus masih besar karena tidak ada hambatan yang dapat mempengaruhi arus dari pompa. Titik 2 sampai 4 relatif sama, namun ada sedikit penurunan tekanan dari tekanan titik 1 ke titik 2. Hal ini disebabkan karena titik 2 terjadi diffuser atau pelebaran diameter yang mengakibatkan kecepatan aliran menurun. Tekanan di titik 3 ke titik 4 terdapat persamaan tekanan karena diameter di titik ini sama.

Titik 4 ke titik 5 cenderung turun dan naik ke titik 6 dan 7. Hal ini disebabkan karena di titik 5 adalah awal aliran didalam pipa ini memasuki penyempitan atau nosel yang mengakibatkan meningkatnya kecepatan serta tekanannya di titik 6 dan 7. Menurut teori Bernoulli kecepatan yang meningkat menyebabkan penurunan tekanan, namun dalam eksperimen ini berbanding sama. Yaitu kecepatan meningkat maka tekanan meningkat, hal ini disebabkan karena posisi katup yang diterapkan pada alat berada di posisi akhir, yang menyebabkan tekanan pompa tertahan bukaan katup. Grafik juga menunjukkan bahwa semakin besar rasio diameter maka tekanan juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar rasio berarti perbedaan diameter pipa tidak terlalu mencolok.

Perubahan tekanan di atas relatif sama pola perubahannya untuk setiap variasi debit aliran. Tetapi debit yang banyak bukan berarti tekanan menjadi meningkat, dalam data yang sudah diambil diperoleh bahwa tekanan terbesar berada pada debit yang sedikit, dan tekanan terendah berada pada debit yang banyak. Hal ini diakibatkan karena debit banyak diakibatkan oleh bukaan katup lebar atau terbuka penuh, sedangkan debit

sedikit diakibatkan oleh bukaan katup sempit. Karena posisi katup berada di ujung akhir maka tekanan pompa yang terhambat oleh posisi katup dapat kembali pada sirkuit pipa dan mengakibatkan meningkatnya tekanan.

Namun apabila posisi katup berada di awal atau posisi terdekat dengan pompa dan arus aliran dari katup menuju pipa yang berbeda diameter atau rasio nya maka kecepatan yang meningkat akan diikuti oleh penurunan tekanan. Hal ini menunjukkan bahwa alat percobaan telah bekerja dengan baik dan sesuai dengan teori yang ada. Karena posisi katup pada eksperimen ini berada di akhir yang mengakibatkan adanya hambatan maka dapat disimpulkan bahwa rasio diameter berpengaruh terhadap perubahan tekanan pada *Bernoulli theorem apparatus*. Pengaruhnya adalah semakin besar rasio diameter maka tekanan juga semakin besar.

Debit juga berpengaruh pada perubahan tekanan. Pengaruhnya adalah semakin besar debit maka tekanan dalam pipa semakin kecil. Selain itu posisi katup juga sangat berpengaruh pada perubahan tekanan. Pengaruhnya adalah katup pada posisi akhir akan mengakibatkan tekanan pompa terhambat dan tekanan menjadi meningkat.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Rasio diameter berpengaruh terhadap perubahan tekanan pada *Bernoulli theorem apparatus*.
2. Pengaruhnya adalah semakin besar rasio diameter maka tekanan menjadi besar.
3. Tekanan maksimum terjadi pada variasi debit 0,0192 lt/dt di titik pengukuran 1 pada rasio 0,67. Tekanan minimum terjadi pada variasi debit 0,0247 lt/dt di titik pengukuran 5 pada rasio 0,33.

Untuk penelitian berikutnya perlu diperhatikan bahwa pengaruh arus langsung dan arus yang terhalang misalnya terhalang oleh belokan, katup, alat flowmeter. Juga pengaruh dari model irisan pipa manometer yang masuk ke pipa pada alat seperti model irisan menghadap ke arah aliran, model membelakangi aliran, dan model irisan rata.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bambang, U dan Lalel, B., 2011, *Optimasi Rasio Diameter Masuk Dan Diameter Keluar Pada Nosel. Terhadap Tingkat Kevakuman Ejektor Sistik Pengeringan*, [Online] Tersedia : ([jurnal.polban.ac.id/index.php/mesin/article/download/20/17](http://jurnal.polban.ac.id/index.php/mesin/article/download/20/17)) Diakses tanggal 8 Juni 2013
- Haikal, Muhammad., 2012, "*Kerugian Jatuh Tekan (Pressure Drop) Pipa Mulus Acrylic Ø 10mm*"; E-Jurnal; Universitas Gunadarma, Depok.
- Leontin, AgriethiraP, 2012, *Hukum Bernoulli*, [Online] Tersedia : (<http://agiet27.wordpress.com/category/hukum-bernoulli/>) Diakses tanggal 10 Mei 2013
- Mawaddah, Ninda A.dkk., 2013, *Daniel Bernoulli Utility*, [Online]. Tersedia : <http://www.danardono.staff.ugm.ac.id/matakuliah/ssfi/SSFI-Kel-10.pdf>) Diakses tanggal 2 Oktober 2013.
- Makhsud, Abdul., 2009, "*Mekanisme Bunyi Jet Supersonik dan Ketidakstabilan Pancaran Nosel*"; e-Jurnal; Universitas Muslim Indonesia, Makasar.
- Ompusunggu Satrya W. dkk., 2012. *Pengaruh Variasi Panjang Nozzle Terhadap Efisiensi Jet Pump*; e-Jurnal; Universitas Brawijaya, Malang.
- Scoot, 2012, *Bernoulli's Principle*, [Online] Tersedia : (<http://aviationglossary.com/bernoullis-principi>) Diakses tanggal 6 Mei 2013